

Nom prénom :

Examen de Génie Mécanique - I3MAPH31

Février 2020

Lors de la correction, une attention particulière sera portée à la critique et aux remarques émises par l'étudiant sur l'homogénéité et la vraisemblance de ses résultats.

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée à usage personnel

EXERCICE 1 :

Etude d'un engin de chantier:

Les sociétés Caterpillar, Liebherr ou John Deere conçoivent, fabriquent et commercialisent plusieurs engins de chantier dont notamment différents modèles de pelles mécaniques. Le sujet a pour thème l'étude d'une pelle mécanique sur pneus utilisée pour la manutention de ferrailles.

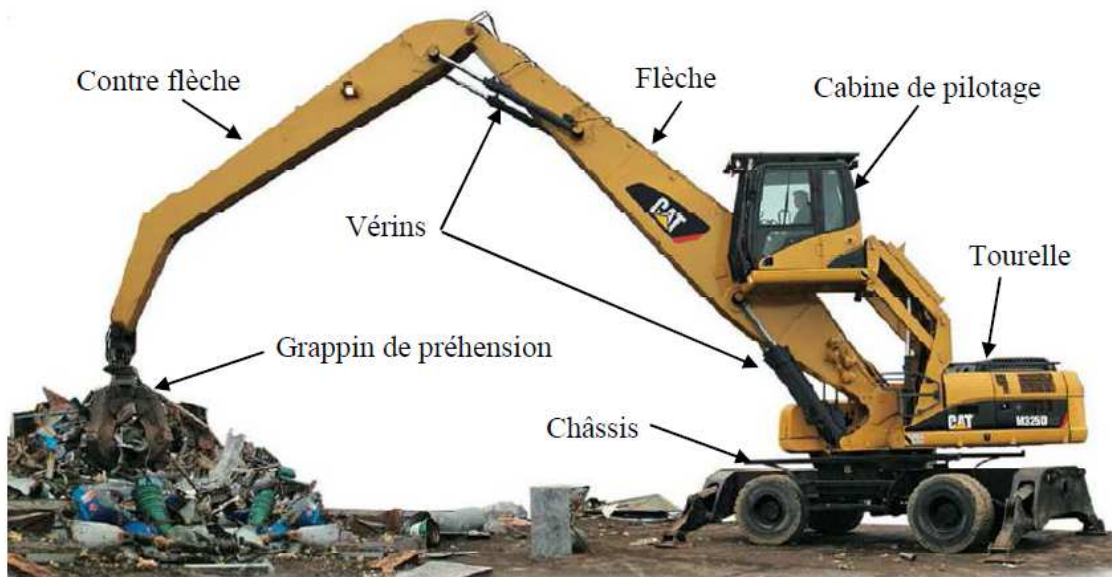


Figure 1

La pelle mécanique étudiée et présentée sur la **Figure 1** est principalement constituée d'un châssis et d'une tourelle :

- Le châssis est équipé de 4 pneumatiques ainsi que de 4 stabilisateurs rétractables.
- La tourelle est positionnée au dessus du châssis et porte le moteur, les organes hydrauliques, le poste de conduite ainsi que le bras de manipulation constitué d'une flèche, d'une contre flèche et d'un grappin. La tourelle est montée en liaison pivot par rapport au châssis de telle sorte qu'elle puisse faire une rotation continue de 360° par rapport au châssis.

L'engin étudié est la version 36 tonnes mais les plus gros modèles de pelles mécaniques peuvent peser jusqu'à 100 tonnes.

PARTIE 1 : Etude statique 2D du bras de manipulation.

L'objectif de cette partie est de déterminer, lors d'une phase de manutention, les pressions dans les vérins de manipulation. On adoptera pour cette étude la modélisation plane simplifiée présentée Figure 2.

La flèche 1 est en liaison pivot d'axe (A, \vec{z}) par rapport à la tourelle 0, considéré comme fixe pour cette étude. La contre flèche 2 est en liaison pivot d'axe (B, \vec{z}) par rapport à la flèche 1. La flèche 1 et la contre flèche 2 sont actionnées respectivement par les vérins sans masse 3 et 4. Ces vérins sont en liaisons pivot, d'axe \vec{z} , aux points D, E, I et J. Au point C, on retrouve l'attache du grappin de manipulation.

Pour ce modèle on considère que :

- toutes les liaisons sont parfaites
- la pesanteur est définie telle que $\vec{g} = -g \vec{y}$, $g \approx 10 \text{m/s}^2$
- la flèche 1 est de masse m_1 et a pour centre de gravité G_1
- la contre flèche 2 est de masse m_2 et a pour de centre de gravité G_2
- la contre flèche supporte une charge verticale \vec{F} , due à la manutention de ferrailles, au point C telle que $\vec{F} = -F \vec{y}$
- les pressions de l'huile dans les chambres des vérins sont telles que le système reste à l'équilibre

Données :

$AB = l_1 = 9\text{m}$	$BJ = a = 2\text{m}$	$\alpha = \theta = 55^\circ$
$AG_1 = l_1/2 = 4.5\text{m}$	$AD = d = 1.5\text{m}$	$\beta = 15^\circ$
$BC = l_2 = 6\text{m}$	$m_1 = 4000 \text{ Kg}$	$\gamma = 45^\circ$
$BG_2 = l_2/2 = 3\text{m}$	$m_2 = 1500 \text{ Kg}$	$F = 10\,000 \text{ N}$

A- Détermination de la pression dans le vérin 3.

On pose $[0/3] = \left[\begin{array}{c|c} X_{03} & L_{03} \\ Y_{03} & M_{03} \\ Z_{03} & 0 \end{array} \right]_D$ exprimé dans $\mathcal{B} = (\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ avec $\vec{R}_{0/3} = X_{03} \vec{x} + Y_{03} \vec{y} + Z_{03} \vec{z}$.

On pose $\|\vec{R}_{0/3}\| = R_{03}$.

Q1 : Isoler le vérin 3 (corps + tige) considéré comme un solide de masse négligeable et effectuer le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures (BAME) sur ce vérin.

Quelle est la direction de l'effort de réaction $\vec{R}_{0/3}$ du bâti 0 sur le solide 3 ? Déterminer la relation liant R_{03} , X_{03} , et β ainsi que celle liant R_{03} , Y_{03} , et β . En déduire la forme simplifiée de $[0/3]$ en fonction de R_{03} et β .

Q2 : On souhaite maintenant déterminer l'expression littérale de R_{03} en fonction de m_1 , m_2 , g , l_1 , l_2 , d , α , θ , β et F . On isole pour cela l'ensemble $E=1+2+3+4$ et on applique le Principe fondamental de la Statique au point A. Justifier ce choix d'isolement ainsi que ce choix de point d'application du PFS. Déterminer l'expression littérale de R_{03} .

Q3 : Faire l'application numérique pour R_{03} .

Q4 : Pour une section de piston $S = 2500 \pi \text{ mm}^2$, déterminer la pression p en Pascal, puis en bars dans la chambre du vérin 3 nécessaire pour maintenir l'ensemble E à l'équilibre. On rappelle que $1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa}$ et que $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.

B- Détermination de l'action mécanique R_{42} pour le calcul la pression dans le vérin 4.

On pose $[2/4] = \begin{bmatrix} X_{24} & L_{24} \\ Y_{24} & M_{24} \\ Z_{24} & 0 \end{bmatrix}_J$ exprimé dans $\mathcal{B}_2 = (\bar{x}_2, \bar{y}_2, \bar{z})$

avec $\vec{R}_{2/4} = X_{24} \bar{x}_2 + Y_{24} \bar{y}_2 + Z_{24} \bar{z}$ et $\|\vec{R}_{2/4}\| = R_{24}$

Q5 : Isoler le vérin 4 (corps + tige) et effectuer le BAME sur ce vérin.

Quelle est la direction de l'effort de réaction $\vec{R}_{2/4}$ de la contre flèche 2 sur le vérin 4 ? Déterminer la relation liant R_{24} , X_{24} , et γ ainsi que celle liant R_{24} , Y_{24} , et γ . En déduire la forme simplifiée de $[2/4]$ exprimée dans la base 2, en fonction de R_{24} et γ .

On souhaite maintenant déterminer l'expression de R_{42} ($R_{42} = -R_{24}$) :

Q6 : Pour ce calcul de R_{42} , choisir le sous ensemble adéquat à isoler (le définir clairement) et définir le point d'application du PFS. Une seule équation scalaire du PFS est utile, identifier et définir clairement cette équation.

Q7 : Déterminer l'expression littérale de R_{42} en fonction de F , a , m_2 , g , l_2 , θ et γ .

Q8 : Faire l'application numérique pour R_{42} .

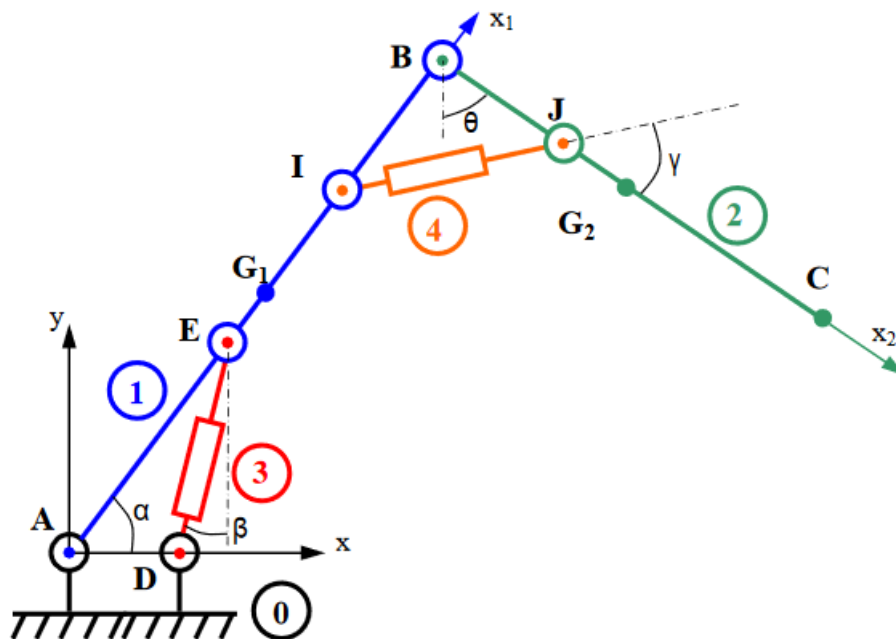
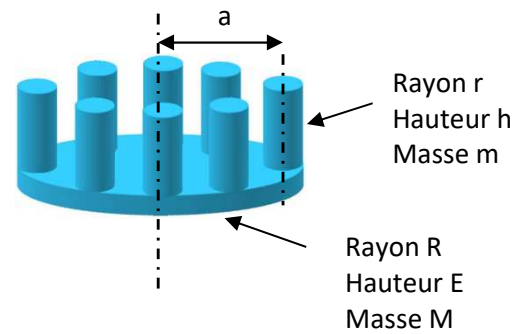


Figure 2

EXERCICE 2 : QCM

Une seule réponse juste par question.
Aucune justification n'est demandée.



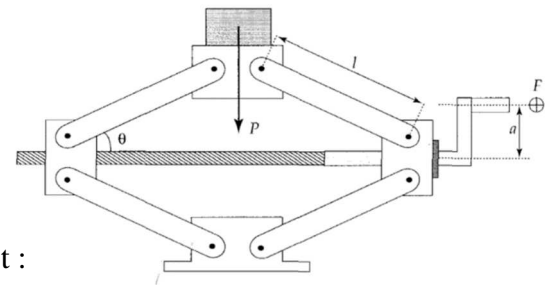
Q9 : L'inertie du solide ci-contre autour de l'axe vertical est :

- $J = \frac{M.R^2}{2} + \frac{m.r^2}{4}$
 $J = \frac{M.R^2}{2} + 8.(\frac{m.r^2}{2} + a^2.m)$
 $J = (M + 8m).(\frac{M.R^2}{2} + \frac{m.r^2}{2})$

Q10 : Pour une inertie $J=153.2 \text{ kg.cm}^2$ du solide précédent, mis en rotation à la vitesse constante N de 1500 tr/min, son énergie cinétique en rotation vaut :

- $E_c = 172.10^6 \text{ J}$
 $E_c = 1.2 \text{ J}$
 $E_c = 188.8 \text{ J}$

Le cric suivant est actionné par une force F sur une manivelle d'entraxe a par rapport à l'axe de rotation de la vis sans fin. Pour un angle α de la manivelle, la masse translate verticalement de z mm



Q11 : Le théorème des travaux virtuels appliqué au système suivant est :

- $\delta W = P. \delta z + F. a. \delta \alpha$
 $\delta W = P. \delta z + F. l. \delta \theta$
 $\delta W = P. \delta \theta + F. a. \delta \alpha$

Sur le système suivant, représentant une fourche avant + roue de VTT :

Q12 : A quel composant correspond la masse de la roue ?

- A
 B
 C
 D
 E

Sur quel composant retrouve-t-on l'amortisseur de la suspension ?

- A
 B
 C
 D
 E

Q13 : Quelle est l'énergie emmagasinée par le ressort « B » à l'état statique ?

- $E_p = \frac{k_1}{2} (x_1^2 + x_2^2)$
 $E_p = \frac{k_1}{2} (x_1 + x_2)^2$
 $E_p = \frac{k_1}{2} x_1^2$

